
Artigo Científico

A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química

The cognitive skills expressed in investigative laboratory work in the secondary chemistry education

Rita de Cássia Suart^a,^a e Maria Eunice Ribeiro Marcondes^b

^aPrograma de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, São Paulo, Brasil; ^bDepartamento de Química Fundamental, Instituto de Química, USP, São Paulo, São Paulo, Brasil

Resumo

Os experimentos investigativos são uma das estratégias sugeridas para permitir a participação mais ativa dos alunos no processo de aprendizagem. Assim, se os alunos participarem de etapas como: coleta de dados, análise e discussão; poderão formular hipóteses e propor soluções para o problema proposto, desenvolvendo seu raciocínio lógico e habilidades cognitivas importantes para a construção do conhecimento químico e para a sua formação cidadã. Este trabalho investigou as habilidades cognitivas manifestadas por alunos da primeira série do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa. Os alunos deveriam investigar quais fatores podem interferir na temperatura de ebulação de um material. As aulas foram gravadas em áudio e vídeo e os relatórios e as falas dos alunos foram analisados qualitativamente utilizando categorias de análise baseadas nas habilidades cognitivas manifestadas. Na análise, verifica-se uma dificuldade dos alunos em compreender a relação entre tempo e temperatura. Alguns grupos, ao propor seus procedimentos, determinam o tempo como o objeto de estudo. Os resultados também evidenciam grande participação dos alunos na atividade e a manifestação de habilidades cognitivas de alta ordem como elaboração de hipóteses; porém, grande parte das respostas foi classificada como habilidades cognitivas de baixa ordem, talvez por se tratar de uma atividade pouco conhecida pelos alunos e exigir maior esforço cognitivo em algumas etapas. © Cien. Cogn. 2009; Vol. 14 (1): 50-74.

Palavras-chave: experimentação; atividade investigativa; habilidades cognitivas.

Abstract

Inquiry experiments are one of the strategies which allow more active participation in the learning process. So, if the students are involved in steps as: data collection, analysis and discussion, they will be able to formulate hypothesis and to propose solutions to the problem, developing logical reasoning and cognitive skills important to the construction of chemical knowledge and for citizenship. This work investigated the cognitive skills expressed by high school students in an inquiry chemistry experimental activity. Students should investigate the factors that would affect the boiling point of a material. The classes were recorded on audio and videotape and the reports and discourse of students were analyzed qualitatively using categories of analysis based on the cognitive skills. The analysis shows the difficulties of the students to understand the relationship between time and temperature. Some groups proposed the time as the object of study instead of the temperature. Also, the results show great involvement of the students in the activity and their answers reveal higher order cognitive skills, such as development of hypothesis; however, they also give answers that was classified as lower order cognitive skills, perhaps,

because the activity was unknown by students and it requires greater cognitive effort in order to deal with some steps. © Cien. Cogn. 2009; Vol. 14 (1): 50-74.

Keywords: experimental; chemistry teaching; cognitive skills.

1. Introdução

A experimentação no ensino de Ciências tem sido investigada exaustivamente nos últimos trinta anos. Existe uma vasta gama de artigos e livros defendendo a experimentação no ensino de química, porém o que se tem percebido é que muitos pesquisadores discordam do modo como essas atividades são propostas e executadas nas salas de aula e nos laboratórios (Hodson 1994; Gil-Pérez e Valdés Castro, 1996; Gonzales, 1992; Watson *et al.*, 1995).

As atividades experimentais, tanto no ensino médio como em muitas universidades, ainda são muitas vezes tratadas de forma acrítica e aproblemática. Pouca oportunidade é dada aos alunos no processo de coleta de dados, análise e elaboração de hipóteses. O professor é o detentor do conhecimento e a ciência é tratada de forma empírica e algorítmica. O aluno é o agente passivo da aula e a ele cabe seguir um protocolo proposto pelo professor para a atividade experimental, elaborar um relatório e tentar ao máximo se aproximar dos resultados já esperados.

A postura construtivista, disseminada nos últimos trinta anos, tem como marco central a participação do aluno no processo de construção do conhecimento e o professor como seu mediador ou facilitador, valorizando a participação ativa do estudante na resolução de situações problemáticas, possibilitando-o a predizer respostas, testar hipóteses, argumentar, discutir com os pares, podendo atingir a compreensão de um conteúdo.

Assim, investir na proposição de metodologias e estratégias de ensino capazes de proporcionar o desenvolvimento cognitivo do aluno como a experimentação, pode contribuir para que esse objetivo se concretize.

A experimentação investigativa tem sido considerada por diversos pesquisadores como uma alternativa para melhorar a aprendizagem e intensificar o papel do aluno na atividade. Essas atividades, segundo os pesquisadores, podem permitir uma maior participação do aluno em todos os processos de investigação, ou seja, desde a interpretação do problema a uma possível solução para ele (Gil-Pérez e Valdés Castro, 1996; Domin, 1999; Hodson, 2005). Nessa abordagem, os alunos têm a oportunidade de discutir, questionar suas hipóteses e idéias iniciais à luz do quadro teórico, coletar e analisar dados para encontrar possíveis soluções para o problema.

Portanto, se uma aula experimental for organizada de forma a colocar o aluno diante de uma situação problema, e estiver direcionada para a sua resolução, poderá contribuir para o aluno raciocinar logicamente sobre a situação e apresentar argumentos na tentativa de analisar os dados e apresentar uma conclusão plausível. Se o estudante tiver a oportunidade de acompanhar e interpretar as etapas da investigação, ele possivelmente será capaz de elaborar hipóteses, testá-las e discuti-las, aprendendo sobre os fenômenos estudados e os conceitos que os explicam, alcançando os objetivos de uma aula experimental, a qual privilegia o desenvolvimento de habilidades cognitivas e o raciocínio lógico.

Este trabalho investigou as habilidades cognitivas manifestadas por alunos do primeiro ano do ensino médio de química em uma atividade experimental investigativa denominada laboratório aberto (Carvalho *et al.*, 1999). Desta forma, a pesquisa teve como objetivo investigar se o aluno, ao participar de atividades experimentais investigativas mediadas pelo professor, raciocina sobre o problema proposto e procura respostas para sua solução a partir

da proposição de hipóteses e análise dos dados, manifestando assim, suas habilidades de cognição.

Na atividade proposta pela professora, os alunos deveriam elaborar hipóteses para investigar quais fatores afetavam a temperatura de ebulição de um material, elaborar um experimento, executá-lo, analisar os dados e comunicá-los para a sala. Assim, ao investigar todo o processo de experimentação, desde o pré-laboratório até o pós-laboratório, foi possível analisar qualitativamente as habilidades cognitivas de baixa ou alta ordem manifestadas pelos alunos durante essa atividade e a aprendizagem alcançada na atividade.

2. As atividades experimentais investigativas

Muitas atividades experimentais ainda são desenvolvidas e executadas em sala de aula com o objetivo de motivar o aluno ou comprovar fatos e teorias previamente estudados em sala de aula. Porém, as pesquisas têm evidenciado que atividades pautadas nestas concepções são deficientes no que se refere à aprendizagem do aluno (Barberá e Valdés, 1996 Gil-Pérez e Valdés-Castro, 1996 Hodson, 1994).

Pesquisas atuais têm se intensificado à procura de metodologias que priorizem a participação ativa do aluno no processo de aprendizagem. Assim, com relação à experimentação, o aluno, segundo tais concepções, precisa estar diante de um problema e tentar solucioná-lo, mas, sempre com o auxílio do professor.

Para Gil-Pérez e colaboradores. (2005), o problema existirá se e somente se, a pessoa que o projeta identifica que há algo interessante para resolver, mas não dispõe de procedimentos automáticos que lhe permita chegar à solução de maneira mais ou menos imediata, mas requer um processo de reflexão ou tomada de decisões sobre a seqüência dos passos a seguir, ou seja, para um problema ser realmente um problema, este não deve ter uma solução evidente para a pessoa interessada em resolvê-lo, é necessário que se realize uma investigação.

Os mesmos autores insistem na possibilidade de se obter melhores resultados no ensino de Ciências a partir do estabelecimento de propostas que contemplam a atividade do aluno através de seu envolvimento ativo no processo de aprendizagem. Este método, chamado de método investigativo, tem mostrado eficácia em desenvolver aspectos fundamentais para a educação científica, entre os quais, a possibilidade de expor o aprendiz em atividades que favoreçam o desenvolvimento de habilidades de observação, formulação, teste, discussão, entre outros.

Segundo Hodson (1994), o trabalho experimental deve estimular o desenvolvimento conceitual, fazendo com que os estudantes explorem, elaborem e supervisionem suas idéias, comparando-as com a idéia científica, pois só assim essas idéias terão papel importante no desenvolvimento cognitivo. Pesquisas mostram que os estudantes desenvolvem melhor sua compreensão conceitual e aprendem mais acerca da natureza das ciências quando participam de investigações científicas, onde haja suficiente oportunidade e apoio para reflexão (Hodson, 1994).

Para Carvalho e colaboradores, “a atividade deve estar acompanhada de situações problematizadoras, questionadoras, diálogo, envolvendo, portanto, a resolução de problemas e levando à introdução de conceitos” (Carvalho *et al.*, 1999: 42). Ainda, segundo os autores, a resolução de um problema pela experimentação deve envolver também reflexões, relatos, discussões, ponderações e explicações, processos típicos de uma investigação científica.

Atividades nas quais o aluno se limita à manipulação de materiais ou observação de fatos se demonstram de fraco caráter cognitivo, ou seja, permitem pouca participação do aluno na elaboração de hipóteses, no contraste de idéias, na análise de variáveis. Essas

atividades geralmente apresentam um manual pré-elaborado e estruturado, limitando a participação do aluno.

Domin (1999) argumenta que as atividades de laboratório freqüentemente apresentam natureza de “receita de cozinha”, e são planejadas com o propósito de consumir mínimos recursos, tempo, espaço, equipamentos e pessoal. Pouca ênfase é dada ao planejamento experimental e à interpretação dos resultados.

Para ele, duas explicações podem ser dadas para a ineficácia das atividades experimentais. A primeira se refere ao tempo que os estudantes perdem determinando se o resultado obtido é o correto, em detrimento ao planejamento e organização dos experimentos. Segundo, o plano de laboratório das atividades tradicionais facilita o desenvolvimento de habilidades cognitivas de ordem baixa (aprendizagem mecânica, resolução de problemas algorítmicos).

Shiland (1999) declara que uma mudança na estruturação e objetivos dessas atividades como, por exemplo, permitir que os alunos identifiquem e controlem variáveis ou que participem da elaboração do procedimento experimental pode contribuir para aumentar e valorizar processos cognitivos mais complexos. Corroborando sua idéia, Bennet e O’Neal (1998) argumentam que a ausência dos alunos na participação do planejamento do experimento desestimula sua apreciação no processo de desenvolvimento dos conhecimentos químicos, porque os experimentos já são entregues aos alunos em um protocolo e a eles cabe responder o que está certo ou errado.

A liberdade dada pelos professores aos alunos em atividades experimentais pode estar relacionada com o nível de abertura das atividades práticas. Segundo Jiménez Valverde e colaboradores (2006), esses níveis revelam o esforço mental exigido para o aluno resolver o problema experimental. Ou seja, exigir maior esforço mental significa que os alunos deveriam desenvolver habilidades de maior nível cognitivo.

As atividades experimentais investigativas, portanto, podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades cognitivas, desde que sejam planejadas e executadas de forma a privilegiar a participação do aluno.

Hofstein e colaboradores (2005) concebem as atividades investigativas (*inquiry-type laboratories*) centrais para a aprendizagem de ciências desde que os estudantes estejam envolvidos no processo de compreensão de problemas e questões científicas, formulação de hipóteses, planejamento de experimentos, coleta e análise de dados, tendo a oportunidade de inferir conclusões sobre os problemas científicos ou fenômenos.

Segundo *The National Science Education Standards*, descrito no artigo de Hofstein e Lunetta (2004), o termo investigação (*inquiry*) pode ser definido de duas maneiras:

- (a) Como capacidade de entendimento, na qual os estudantes têm a oportunidade de construir conceitos e padrões, e criar significado sobre uma idéia para explicar suas experiências;
- (b) Em termos de habilidades e competências.

Ainda, Bybee¹, citado por esses autores, inclui para o termo identificar e propor questões cientificamente orientadas, formular hipóteses, planejar e conduzir investigações científicas, formular e revisar explicações científicas, e comunicar e defender os argumentos científicos. O autor argumenta ainda que muitas destas habilidades e competências estão de acordo com aquelas que caracterizam o trabalho laboratorial investigativo, ou seja, uma atividade que coloca o estudante no centro do processo de aprendizagem.

Ao investigar o desenvolvimento e manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas, Hofstein e colaboradores (2005), verificaram que

quando os estudantes encontram-se em situação nas quais são dadas oportunidade e tempo para desenvolver habilidades de investigação nos laboratórios de química, eles podem fazer mais e melhores questões, propor hipóteses e questionar o experimento quando comparados com estudantes que foram limitados a experimentos tradicionais durante o processo de ensino.

O público-alvo da pesquisa consistiu de dois grupos de alunos do ensino médio de química: um grupo participante de atividades experimentais investigativas (grupo experimental) e outro grupo participante de atividades tradicionais de laboratório (grupo controle). Os resultados mostram que os estudantes no grupo experimental fizeram mais perguntas de alto nível comparado ao grupo controle; assim, enquanto o grupo experimental elaborou 123 questões de alto nível o grupo controle elaborou somente 18 questões. Porém, nenhuma diferença significante foi observada com relação ao número de questões de nível baixo; cerca de 184 para o grupo experimental e 165 para o grupo controle. Assim, a grande diferença entre os grupos está no número de questões de alto nível.

No Brasil, Zuliani (2000) investigou a eficiência da metodologia investigativa com um grupo de 15 alunos do terceiro termo do curso de Licenciatura em Física. Os alunos deveriam em grupos, escolher um tema em química para trabalhar no laboratório, pesquisar e elaborar um projeto para sua realização, desenvolver o experimento, elaborar um relatório e apresentá-lo. Foi observado nessa investigação que o desenvolvimento de habilidades cognitivas como espírito crítico, reflexão, formulação de novas hipóteses e tomada de decisões foram favorecidas pelo uso da metodologia. Segundo a autora, a estratégia permitiu maior autonomia e responsabilidade por parte dos alunos, ao perceberem que sua aprendizagem independe das respostas do professor. Entretanto, a pesquisadora também verificou que, embora os alunos demonstrassem facilidade na proposição de novas hipóteses para o problema, eles encontravam dificuldade na descrição do procedimento para seu teste e algumas vezes não consideravam a hipótese para a análise dos dados. A autora atribui estes resultados ao baixo nível de liberdade existente nas atividades experimentais tradicionais executadas nas escolas e também a pouca flexibilidade desses procedimentos, que geralmente ficam detidos a respostas da questão central proposta pelo professor.

Entretanto, diferentes alunos podem resolver um problema utilizando estratégias diferentes. Enquanto alguns alunos, por exemplo, necessitam de fórmulas para estabelecer relações proporcionais, outros utilizam o raciocínio lógico para sua resolução. Os diferentes níveis de demanda cognitiva apresentados pelos alunos para a resolução de problemas, segundo Zoller (1993), podem ser definidos em duas categorias: as *habilidades cognitivas de ordem baixa (LOCS: Lower Order Cognitive Skills)* e as *de ordem alta (HOCS: Higher Order Cognitive Skills)*.

Habilidades Cognitivas de Baixa Ordem são caracterizadas por capacidades tais como: conhecer, recordar/relembrar a informação ou aplicar conhecimento ou algoritmos memorizados em situações familiares e resolução de exercícios; já as de Alta Ordem são referidas como aquelas capacidades orientadas para a investigação, resolução de problemas (não exercícios), tomada de decisões, desenvolvimento do pensamento crítico e avaliativo.

Assim, o autor define como questões HOCS os problemas não familiares para o estudante, que requerem para sua solução, conhecimento adicional, aplicação, análise e capacidades sintéticas, tal como fazer conexões e pensamentos avaliativos. Questões que exigem processos algorítmicos ou aplicação e memorização de procedimentos para sua resolução são denominadas questões LOCS. Portanto, para a resolução de um problema ou para a compreensão de conceitos, o indivíduo, neste caso o aluno, pode necessitar de diferentes níveis de pensamento, diferentes demandas cognitivas; que se manifestam em processos mais complexos como reflexão e análise; ou, mais simples como memorização e aplicação de algoritmos. Zoller (1993) sugere ainda uma terceira categoria para questões com

diferentes demandas cognitivas: as questões ALG (algorítmicas); entretanto, segundo ele, essas questões podem constituir uma categoria única ou uma subcategoria das LOCS.

As práticas de laboratório nas quais os alunos seguem um procedimento tipo receita, coletam os dados, mas não os discutem ou os analisam têm-se demonstrado de forte caráter de baixa cognição. Os alunos não compreendem o porquê do experimento e não desenvolvem uma síntese do que foi proposto. Pesquisas indicam que muitos estudantes resolvem os problemas de química usando somente estratégias algorítmicas e não entendem os conceitos químicos (Gabel *et al.*, 1984).

De acordo com Carvalho e colaboradores (1999), para que a atividade experimental tenha caráter investigativo e possa ser considerada uma atividade de investigação, a ação do aluno não deve se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou observação, a resolução de um problema pela experimentação deve envolver também reflexões, relatos, discussões, ponderações e explicações características de uma investigação científica. A autora utiliza o termo “Laboratório Aberto” para definir uma atividade experimental investigativa na qual o aluno se envolve na resolução de um problema e, se mobiliza à procura de uma metodologia para a sua resolução. Essa atividade pode ser dividida em seis momentos, segundo a autora: proposta do trabalho, levantamento de hipóteses, elaboração do plano de trabalho, montagem dos arranjos experimentais e coleta de dados, análise dos dados e conclusão.

Assim, ao participarem dos momentos de uma investigação científica, os alunos podem se envolver na resolução de um problema, trocar idéias com os pares, discutir e testar suas hipóteses, promovendo seu desenvolvimento conceitual, atitudinal e cognitivo; entretanto, sempre mediados pelo professor que; questionando, dialogando e propondo questões, auxilia os alunos na elaboração de suas idéias.

3. Metodologia

A pesquisa apresenta as características de uma abordagem qualitativa, uma vez que se investigaram as respostas dos alunos durante uma atividade experimental investigativa, analisando os relatórios escritos pelos alunos e a transcrição de suas falas. Na pesquisa qualitativa, segundo Bogdan e Biklen (1982/1994), a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal. O pesquisador se insere em um contexto, neste caso a sala de aula, e procura elucidar questões educativas. Ele torna-se o instrumento principal da pesquisa, pois mesmo utilizando instrumentos tecnológicos para a sua coleta são suas concepções, sensações e interpretações que guiarão os resultados.

A escolha da escola para a pesquisa justificou-se nos pressupostos que apóiam esta pesquisa, ou seja, uma escola que apresentasse nas aulas de química a metodologia construtivista e executasse experimentos investigativos para a construção de conceitos químicos.

A seqüência de aulas foi escolhida aleatoriamente de forma a não ser planejada especificamente para atender os objetivos do trabalho, mas o de minimizar possíveis interferências e manter o ambiente da sala de aula o mais real possível. Assim, as pesquisadoras não exerceram influência no planejamento e execução da aula em nenhum momento, e permaneceram na sala de aula com o único objetivo de coletar os dados a fim de obter respostas para a questão de investigação.

3.1. PÚBLICO-ALVO

Para a escolha da escola como objeto da pesquisa foi preciso selecionar e identificar a escola e o professor que apresentassem as características que direcionam a pesquisa.

A escolha da escola foi determinada pelas pesquisadoras por dois motivos:

- (1) Por sediar e executar pesquisas de interesse próprio e de universidades, conforme descrito em seu projeto pedagógico;
- (2) As aulas da professora de química se enquadram nas características construtivistas e investigativas que fundamentam essa investigação.

O trabalho exercido pela professora da escola selecionada já era de conhecimento das pesquisadoras, porém para validar as evidências de uma prática construtivista e investigativa, um questionário, elaborado com pressupostos do referencial teórico que conduz a pesquisa, foi respondido pela professora. Algumas aulas antes das gravações também foram acompanhadas pela pesquisadora para evidenciar esses pressupostos e também para criar um ambiente receptivo com os alunos para a realização das gravações, porque muitos alunos podem se sentir incomodados com a presença da câmera ou com uma pessoa que não faz parte do seu contexto.

Os alunos faziam parte de uma turma da primeira série do Ensino Médio de uma escola pública localizada na cidade de São Paulo. A classe era composta por trinta alunos.

A escola apresenta infra-estrutura para a realização de atividades experimentais. A sala de aula é integrada ao laboratório e facilita a realização de experimentos. O laboratório contém vidrarias e reagentes suficientes para a realização de experimentos e conta com o auxílio de um técnico, contribuindo para a realização das atividades experimentais.

A professora se dedica exclusivamente aos trabalhos da escola, o que contribui significativamente para o planejamento de atividades experimentais, pois um dos fatores mais citados pelos professores para a ausência de atividades experimentais é a falta de tempo para o seu planejamento (Lima, 2004).

3.2. Registro das aulas e transcrição

Uma seqüência de três aulas para o desenvolvimento do conceito de temperatura de ebulação² foi gravada em áudio e vídeo por uma das pesquisadoras, procedimento que contribuiu para a melhor compreensão das posteriores transcrições e análise.

A fim de triangular os dados, os materiais escritos dos alunos foram fotocopiados para posterior análise e, também, notas de campo foram realizadas a fim de registrar por escrito momentos importantes da aula e de acontecimentos que não puderam ser registrados pela câmera por se tratarem de situações implícitas.

É importante relatar que as pesquisadoras pediram autorização para os pais dos alunos da escola para a realização das gravações e utilização das falas para a pesquisa.

As transcrições das falas do professor e dos alunos foram realizadas pelas próprias pesquisadoras, contribuindo para maior fidedignidade e qualidade das transcrições para análise. Mesmo tomando o cuidado de garantir a maior captura possível das falas, em alguns momentos, principalmente durante as atividades experimentais, algumas falas são de difícil entendimento, pois se referem a um momento no qual os alunos estão interagindo constantemente e todos querem explicitar suas idéias. Porém, muitas dessas falas, de difícil transcrição, foram interpretadas com o auxílio das notas de campo e dos registros realizados pelos estudantes em sala de aula.

Falas sem teor significativo para a pesquisa, como brincadeiras dos alunos, evocação de atenção pela professora, conversas não relacionadas com o contexto da aula, não foram transcritas, uma vez que não compete aos objetivos da pesquisa. Porém, essas falas não representam um número expressivo, ou seja, ocorrem nos momentos nos quais a professora

ou um aluno não está falando ou quando se trata de uma brincadeira não referente ao assunto. É evidente que algumas conversas paralelas ocorrem, pois se trata de uma sala mista de trinta alunos, porém estas discussões não interferiram nos dados e resultados da pesquisa.

Após as transcrições, foram selecionados episódios de ensino, que são “momentos extraídos de uma aula, onde fica evidente uma situação que se quer investigar”, para a análise (Carvalho *et al.*, 1993). Esses episódios foram selecionados a fim de evidenciar respostas à pergunta da pesquisa, enfatizando assim a participação dos alunos durante a resolução do problema experimental proposto pela professora. Vários episódios foram selecionados e alguns deles estão apresentados na análise de dados. Foram empregadas categorias de análise desenvolvidas, conforme serão descritas a seguir.

Nos episódios que serão apresentados durante a análise, algumas transcrições de falas apresentam ao lado uma letra minúscula entre parênteses, por exemplo, (a). Estas letras se referem a uma seqüência de falas que farão parte de uma única análise, uma vez que se trata de uma seqüência que evidencia um raciocínio elaborado por um ou vários alunos, ou raciocínio que necessita do auxílio e intervenção da professora para se tornar mais elaborado. Desta forma, serão apresentadas as letras referentes ao raciocínio ao lado da transcrição e também na coluna de análise para que fique evidente a seqüência de raciocínio manifestada.

3.3. Seqüência de aulas

Foram gravadas 3 aulas sobre o conceito de temperatura de ebulação, podendo ser separadas da seguinte forma:

- **Pré-laboratório (primeira aula):** a professora discute com os alunos alguns conceitos essenciais para o desenvolvimento e compreensão do problema proposto; os alunos propõem as hipóteses para investigação e se reúnem em grupos para elaborar o procedimento experimental;
- **Laboratório (segunda aula):** os alunos vão para o laboratório executar o experimento previamente verificado pela professora, analisar os dados obtidos e inferir suas conclusões;
- **Pós-laboratório (terceira aula):** discussão com toda a sala para a conceituação final e possíveis generalizações.

Todas as aulas tiveram duração de cinqüenta minutos. As filmagens da primeira aula e da última aula foram realizadas a fim de capturar a fala de todos os alunos da sala. Assim, além da câmera de vídeo, alguns gravadores foram distribuídos pela sala para contribuir para uma melhor coleta dos dados. Procurou-se valorizar o momento da discussão dos alunos em grupo durante a elaboração do procedimento e a realização do experimento, registrando-se dois grupos em particular, um em vídeo e outro em áudio. Os grupos eram formados por cinco ou seis alunos.

3.4. Instrumentos de análise

O processo de elaboração das categorias para esta pesquisa foi baseado nos objetivos conceituais e cognitivos propostos para as atividades experimentais investigativas em um contexto construtivista.

Duas categorizações foram utilizadas para a compreensão do nível de habilidades cognitivas manifestadas pelos alunos. A primeira se refere às questões propostas pelo professor e a segunda às respostas elaboradas pelos alunos para essas questões.

As perguntas propostas pelo professor também foram analisadas conforme conjunto de categorias descritas na tabela 1. Adaptou-se o critério de categorias desenvolvido por Shepardison e Pizzini (1991), que investigaram o nível de exigência cognitiva requerido pelas questões propostas em livros didáticos do ensino médio de química.

Nível	Descrição
P1	Requer que o estudante somente recorde uma informação partindo dos dados obtidos.
P2	Requer que o estudante desenvolva atividades como seqüenciar, comparar, contrastar, aplicar leis e conceitos para a resolução do problema.
P3	Requer que o estudante utilize os dados obtidos para propor hipóteses, fazer inferências, avaliar condições e generalizar.

Tabela 1 - Nível de cognição das questões propostas para os alunos.

As categorias para análise das respostas dos alunos foram elaboradas previamente pelas pesquisadoras baseando-se no procedimento por caixas³ (Bardin, 1977/2000), utilizando como referencial as definições de Zoller (1993) para as habilidades cognitivas (tabela 2).

Nível	Categoria de resposta ALG
N1	<ul style="list-style-type: none"> • Não reconhece a situação problema. • Limita-se a expor um dado relembrado. • Retém-se a aplicação de fórmulas ou conceitos.
Nível	Categoria de resposta LOCS
N2	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhece a situação problemática e identifica o que deve ser buscado. • Não identifica variáveis. • Não estabelece processos de controle para a seleção das informações. • Não justifica as respostas de acordo com os conceitos exigidos.
N3	<ul style="list-style-type: none"> • Explica a resolução do problema utilizando conceitos já conhecidos ou relembrados (soluções não fundamentadas, por tentativa) e quando necessário representa o problema com fórmulas ou equações. • Identifica e estabelece processos de controle para a seleção das informações. • Identifica as variáveis, podendo não compreender seus significados conceituais.
Nível	Categoria de resposta HOCS
N4	<ul style="list-style-type: none"> • Seleciona as informações relevantes. • Analisa ou avalia as variáveis ou relações causais entre os elementos do problema. • Sugere as possíveis soluções do problema ou relações causais entre os elementos do problema. • Exibe capacidade de elaboração de hipóteses.
N5	<ul style="list-style-type: none"> • Aborda ou generaliza o problema em outros contextos ou condições iniciais.

Tabela 2 - Nível cognitivo das respostas dos alunos.

As categorias foram dimensionadas com o objetivo de analisar quais habilidades cognitivas os alunos parecem utilizar na resolução dos problemas experimentais propostos. Cada categoria e suas características foram elaboradas baseando-se nos pressupostos de Zoller (1993, 2001). Assim, quando um aluno não comprehende o problema ou utiliza para sua

resolução apenas dados memorizados, considera-se que esse aluno evocou apenas dados algorítmicos, elaborando pouco ou nenhum raciocínio lógico para sua resolução, sendo suas respostas dimensionadas na categoria N1 (ALG). Quando o aluno reconhece a situação problemática e identifica variáveis, mas ainda apresenta pouca demanda cognitiva em suas respostas, considera-se que este aluno utilizou apenas habilidades cognitivas de ordem baixa, e suas respostas são então categorizadas como N2 (LOCS).

As categorias ALG e LOCS para Zoller (1993) e Zoller e colaboradores (2002), conforme já mencionado anteriormente, podem ser agrupadas como uma única categoria ou, então, a categoria ALG pode ser considerada como uma subcategoria das LOCS, pois ambas apresentam respostas algorítmicas e evocação memorística. Entretanto, a escolha desta pesquisa para a divisão em duas categorias se refere ao fato de algumas respostas dos alunos apresentarem não somente dados algorítmicos e memorização, mas também, devido, algumas vezes, a não compreensão do problema pelo aluno. A divisão em ALG e LOCS pode permitir que a categorização das respostas apresente maior delimitação contribuindo para uma maior facilidade e fidedignidade na categorização e também por admitir que respostas com diferentes demandas cognitivas sejam classificadas em categorias distintas.

A categoria nível N3 já começa a apresentar características para uma possível evolução para o nível N4. Mesmo ainda apresentando habilidades que exigem a aplicação de conhecimentos simples a situações conhecidas, os alunos já começam a estabelecer processos de controle para a resolução do problema, se aproximando do nível N4, o qual exige tomada de decisões e pensamento crítico e avaliativo.

Por fim, quando o aluno apresenta respostas que envolvem elaboração de hipóteses, análise de variáveis e relações causais, ou seja, pensamentos mais complexos para a resolução de um problema, considera-se que este aluno utilizou habilidades cognitivas de ordem alta, e suas respostas são categorizadas como N4 (HOCS). Um nível maior de complexidade é considerado quando o aluno consegue ultrapassar a situação atual e abordá-la em outros contextos, apresentando as características do nível N5 de habilidades cognitivas.

Entretanto, a inclusão de uma dada habilidade cognitiva pode variar de autor para autor, ou seja, a categoria N3 definida nesta pesquisa como LOCS, poderia ser classificada por outro autor como HOCS.

Outra questão a ser considerada está relacionada à definição e descrição utilizada para incluir elementos em cada categoria. As categorias e suas características, mesmo sendo previamente elaboradas, algumas vezes precisam ser redimensionadas conforme os dados vão sendo analisados. Dessa forma, as categorias apresentadas na presente pesquisa passaram por processos de redimensionamento para melhor se adequarem aos objetivos de investigação. Conforme argumenta Moraes (2005), as categorias vão se aperfeiçoando ao longo da análise, para que no final do processo apresentem significados claros para a classificação dos enunciados, entretanto, mesmo produzindo uma definição cuidadosa dos critérios de classificação para as categorias, o processo de categorização nunca é inteiramente objetivo, podendo dar margem para dúvidas e imprecisões.

Como realizar a relação teoria/dados empíricos não se trata de uma etapa simples da análise de dados da pesquisa, a pesquisadora contou com o apoio de colegas pesquisadores para classificar alguns dados transcritos nas categorias elaboradas. O processo de apresentação, categorização e discussão dos dados com um grupo contribui para uma maior fidedignidade e validade dos resultados. As respostas dos alunos foram categorizadas individualmente por 6 pesquisadores, e posteriormente, em dois encontros, foram verificados os pontos de fragilidade ou solidez no instrumento. As modificações necessárias para permitir maior clareza e fidedignidade da classificação foram realizadas.

Os procedimentos elaborados pelos alunos para a realização do experimento e os relatórios individuais também foram analisados, entretanto não foi possível classificá-los nos níveis cognitivos elaborados, mas foram analisados holisticamente, com o objetivo de evidenciar a manifestação de habilidades cognitivas pelos alunos na elaboração destes.

3.5. Atividade experimental proposta (laboratório aberto): fatores que afetam a temperatura de ebulação

Como já mencionado anteriormente, o laboratório aberto se refere a uma atividade experimental investigativa na qual os alunos são mobilizados para a solução de um problema, propondo uma metodologia para a sua investigação pautada em hipóteses iniciais, coletam dados e os analisam a fim de comprovar ou refutar suas hipóteses e obter conclusões.

Assim, para iniciar a atividade, a professora propôs a seguinte questão problema para os alunos: Quais fatores afetam a temperatura de ebulação de um material? Desta forma, a professora faz uma breve introdução sobre a definição de temperatura de ebulação e explicações sobre a diferença entre evaporação e temperatura de ebulação.

Os alunos elaboraram algumas hipóteses partindo de suas idéias prévias:

- (1) Temperatura inicial do material;
- (2) Pressão (referindo-se ao cozimento de alimentos com a panela tampada e destampada);
- (3) Tamanho do recipiente (volume);
- (4) Tipos de materiais (composição);
- (5) Densidade (conceito construído recentemente);
- (6) Intensidade da chama;
- (7) Massa.

Depois do levantamento de hipóteses, os alunos formaram grupos de cinco ou seis alunos com o objetivo de elaborar o plano de trabalho para investigar uma das variáveis apontadas, e deveria conter o material necessário para a sua realização, as previsões e o procedimento detalhado. Dos fatores apontados pelos alunos, somente o (5) e (7) não foram escolhidos por nenhum grupo. Nesta mesma aula após a discussão, os alunos entregaram o plano de investigação para a professora para que ela pudesse fazer as alterações necessárias e avaliar a possibilidade ou não da realização dos experimentos. Na aula seguinte, os materiais e reagentes de cada grupo encontravam-se preparados e os procedimentos foram devolvidos aos alunos para sua realização.

Os alunos realizaram o experimento nessa segunda aula e discutiram os dados obtidos e as possíveis soluções para o problema. Na terceira aula, os alunos colocaram seus resultados no quadro para facilitar a visualização de todos os outros grupos, e com a intervenção da professora, discutiram seus resultados com a sala e comunicaram suas conclusões para os colegas. Após a discussão, os alunos entregaram para a professora relatórios individuais contendo o objetivo, materiais utilizados, previsão, procedimento, resultados e conclusão.

4. Resultados e análise dos dados

A análise dos dados será apresentada em três momentos: levantamento de hipóteses e discussão dos grupos para elaboração do experimento (primeira aula); execução do experimento e discussão para a elaboração de um relatório (segunda aula); e discussão geral

(terceira aula). Os relatórios dos alunos também foram analisados e algumas partes destes serão apresentadas nesta terceira etapa.

Analisando as falas de todos os alunos⁴ e da professora na primeira aula, verifica-se que no início alguns alunos têm dificuldades em diferenciar ebulação e evaporação; dessa forma, a professora procurou conceituar evaporação e ebulação antes de propor o problema principal, conforme mostra o episódio no quadro 1.

Tempo	Descrição das falas	Análise
06:56	P: “Qual a diferença... ...evaporação vocês sabem o que é. O que é evaporação?”	P1
07:03	Al 13: “A água passa do líquido para o gasoso.”	N2
07:07	Al 14: “Ciclo natural da água.”	N1
07:11	P: “A água passa do líquido para o gasoso...mas..só que em que condições?”	P1
07:14	Al 7: “Calor (a)”	
07:17	P: “Fala Al 7 qual tipo calor?” P: “Calor ...da onde vem o calor?”	
07:21	Al 7: “solar (b)”	N3 (a,b)
07:24	P: “Solar ou do ambiente né...então se a gente pensar...”	P1
07:47	P: “Al 15 como é que eu defino evaporação?”	
07:52	Al 15: “Passagem do líquido para o gasoso.”	N2
07:56	P: “Tá do líquido pro gasoso tudo bem mas qual a diferença de quando a água tá evaporando e quando a água tá fervendo?” P: “Qual a diferença de um processo pro outro?”	P2
08:16	Al 15: “Quando esquenta a água ela eboli quando evapora a água seca (c).”	
08:19	P: “Em qual que você está esquentando?”	P1
08:21	Al 15: “Quando ferve (d).”	
08:27	P: “Quando você ferve.” P: “A evaporação você usa... a água usa o calor de onde para evaporar?”	P1
08:30	Al 1: “Do ambiente (e).”	N3 (c,d,e)

Quadro 1 - Episódio da primeira aula.

Assim, no início da aula a grande maioria das questões propostas pela professora foi classificada no nível P1 ou P2, pois estas questões exigiam somente recordar ou comparar dados, como por exemplo: “*A que temperatura a água ferve?*” ou “*A que temperatura a água evapora?*” As respostas dos alunos a essas questões foram classificadas nos níveis N1 ou N2, ou seja, respostas de baixa ordem cognitiva, pois exigiam dos alunos expor um dado relembrado, aplicar conceitos, mas não exigiam processo de identificação de variáveis ou justificativas. Nenhuma resposta foi classificada como N4 neste momento da aula.

Entretanto, a questão problema proposta pela professora: “*O que afeta a temperatura de ebulação de um material?*” requer que os alunos proponham hipóteses para a sua solução. O episódio do quadro 2 abaixo mostra uma aluna sugerindo uma hipótese:

Tempo	Descrição das falas	Análise
11:05	P: "Como é que a roupa seca no varal?" P: "Fala Al 4."	P3
11:08	Al 4: "Dependendo da quantidade de água ela vai evaporar."	N4
11:13	P: "Dependendo da quantidade... pêra aí oh...oh o que a Al 4 tá falando...dependendo da quantidade de..."	
11:21	Al 4: "De água aí ela pode evaporar..." P: "Então oh a minha pergunta é..tem uma coisa interessante que você falou ai que a gente vai pensar sobre isso."	
11:27	P: "Dependendo da quantidade...eu não sei se você falou exatamente isso." Al 4: "...vou fazer uma pergunta."	
11:49	P: "Vocês acham que a quantidade de água afeta a temperatura que ela evapora ou a temperatura que ela ferve?"	P3

Quadro 2 - Episódio da primeira aula.

Após expor a pergunta, muitas hipóteses foram sugeridas pelos alunos e algumas delas foram escolhidas para investigação, conforme descrito anteriormente. Verifica-se que, neste segundo momento da aula, a professora elaborou um maior número de questões classificadas no nível P3 e as respostas dos alunos estão entre os níveis HOCS e LOCS (N3 e N4). A tabela 3 mostra a porcentagem total de questões propostas pela professora classificadas conforme os níveis da tabela 1, e as respostas dos alunos classificadas conforme os níveis contidos na tabela 2:

Questões propostas pela professora (N=39)		Respostas dos alunos (N=36)	
Nível	%	Nível	%
P1	26	N1	8,3
P2	31	N2	55,6
P3	43	N3	11,1
		N4	25
		N5	0

Tabela 3 - Porcentagem de questões propostas e respostas dos alunos.

Esta etapa da aula teve duração de vinte e sete minutos, o restante foi destinado para os alunos elaborarem os procedimentos.

Os alunos deveriam entregar para a professora um procedimento prévio para que ela pudesse corrigi-lo e verificar as possibilidades de sua execução ou não. Após a execução do experimento, os grupos descreveram neste mesmo material os dados obtidos e suas conclusões e o devolveram para a professora, para que ela pudesse posteriormente orientá-los na elaboração de seus relatórios individuais.

Durante a elaboração do procedimento observa-se grande dificuldade por parte dos alunos para propor o objetivo e fazer as previsões, podendo ser explicado, talvez, pelo baixo nível de liberdade dado geralmente aos alunos em atividades laboratoriais, uma vez que se refere à primeira série do ensino médio e estes alunos poderiam estar acostumados a executar atividades “tipo receita” nas séries anteriores, se limitando a algumas etapas da investigação. Observa-se também, em alguns relatórios iniciais, a omissão das hipóteses iniciais propostas pelos grupos, talvez pelo medo em responder algo diferente ao esperado pelo professor e

serem advertidos. Porém, o engajamento dos alunos na atividade é grande e sua resolução se demonstra desafiadora.

Fica evidente na análise dos relatórios e das transcrições, a dificuldade dos alunos em compreender a relação entre tempo e temperatura. Alguns grupos ao proporem seus procedimentos, determinam o tempo como o objeto de estudo e não a temperatura. Para eles, o tempo é determinante e pode alterar a temperatura.

Um dos grupos, por exemplo, investigou se o volume de um material (o grupo utilizou leite) tem influência na temperatura de ebulação, e a discussão em grupo, evidenciada a seguir, mostra a dificuldade descrita:

Al 1: “Em quanto tempo qual a temperatura ele atinge?”

Al 2: “Mas a gente tá olhando o termômetro quando ele começar a ferver a gente olha a temperatura.”

Al 1: “Então... mas se por exemplo eu deixar um minuto o que tem lá dentro vai estar mais quente.”

P: “Perfeito.”

Al 1: “Só que esse também pode atingir a temperatura só que em tempo diferente.”

P: “Isso.”

Al 2: “Não tem relação com o tempo.”

P: “Tem.”

Al 1: “Ai vai determinar um tempo para determinar a temperatura.”

Al 2: “Não.”

P: “Não é o tempo é a temperatura.”

Verifica-se também, que alguns grupos compreendem a necessidade do controle das variáveis, entretanto, outros grupos ainda não manifestam tal compreensão, conforme mostra o trecho a seguir extraído dos procedimentos elaborados pelos alunos:

Grupo Temperatura Inicial: “Colocamos água gelada em uma das panelas e água normal, levamos ao fogo as duas panelas com água, e cronometramos o tempo que as duas levam para ferver. E mediremos a temperatura tanto antes quanto depois (da ebulação) com o termômetro.”

Grupo Fonte de Calor: “Coloque duas panelas com a mesma quantidade de água e meça a temperatura das duas panelas de água e faça as comparações”

Os alunos do grupo que investigou a temperatura inicial do material não se atentam ao fato de que as quantidades, ou seja, os volumes de água ambiente e gelada precisam ser iguais para que haja somente uma variável a ser investigada. Antes da realização do experimento pelos alunos, a professora anota no próprio procedimento as quantidades a serem utilizadas para os alunos não encontrarem essa dificuldade na execução do experimento e principalmente na análise de dados. É importante salientar que, no final da primeira aula, antes de os alunos se agruparem para elaborar o procedimento, houve uma breve discussão da importância do controle de variáveis, e um dos alunos do grupo que investigou a temperatura inicial do material manifestou essa idéia, conforme mostra o episódio do quadro 3.

Desta forma, não se pode inferir com precisão se o grupo não compreendeu essa importância ou se foi apenas um esquecimento ou uma dificuldade no momento de expressar suas idéias por escrito.

Os alunos do grupo da fonte de calor se referem à constante volume, somente não colocam a quantidade, mas se atentam a essa questão. Os alunos também não se referem à medida de tempo.

Tempo	Descrição das falas	Análise
25:29	P: “Então por exemplo... para investigar um material.” P: “Como é que eu faria Al um experimento para verificar se a temperatura afeta ou não a ebulação de um material como eu faria?” P: “Que que eu vou variar?”	P3
25:38	Al1: “tempo (f).”	
25:48	P: “E o que eu que tem que ser igual?	P3
25:54	Al1: “Fonte de calor (g).”	
25:57	P: “A fonte de calor ...que mais.”	
26:01	Al1: “Se você muda uma coisa tem que deixar o resto igual para poder olhar só aquilo que mudou (h).”	N4 (f,g,h)
26:06	P: “Gente isso que o Al1 falou é o mais importante para mim... o que eu quero que vocês percebamse for estudar o material todo o resto tem que estar igual.” P: “Se eu for estudar a pressão o resto tem que tá igual.” P: “Se eu for estudar a quantidade de material o resto tem que tá igual.”	

Quadro 3 - Episódio da primeira aula.

Percebe-se dificuldades pelos alunos para descrever os procedimentos, que se apresentam sucintos e com poucas informações. Porém, este fato é compreensível, pois os alunos não têm o costume de realizar experimentos deste tipo, e também evidencia a importância em proporcionar atividades que permitam aos alunos desenvolverem habilidades de escrita e leitura, as quais poderão desenvolver outras habilidades essenciais para o desenvolvimento do raciocínio lógico e cognitivo.

A análise dos dois grupos investigados, no momento da execução da atividade experimental na segunda aula, evidencia poucas dificuldades para a realização do experimento, uma vez que a professora avaliou os procedimentos previamente e orientou os grupos para a execução. Algumas limitações manipulativas são encontradas principalmente na leitura do termômetro, porém, o mais evidente são as dificuldades geradas nas etapas de desenvolvimento do relatório. Transcreve-se, a seguir, a discussão da professora com um dos grupos investigados (grupo da temperatura inicial do material) para elaborar a pergunta para o relatório após a execução do experimento:

P: “O objetivo era analisar o tempo...analisar o tempo que demora para entrar em ebulação.” (professora lendo o objetivo descrito pelos alunos)

P: “Um mesmo material em temperaturas diferentes..era o tempo? Não era esse o objetivo...era o tempo...o que vocês queriam analisar?”

P: “O que vocês queriam medir? Vocês mediram o tempo?”

Al 3: “Sim.”

P: “Que mais?”

Al 4: “A temperatura.”

P: “Vocês queriam analisar o efeito de quem sobre a temperatura?”

Al 3: “Ebulação.”

P: “Não.”

Al 4: “O tempo que demora para atingir a mesma temperatura.”
P: “Então gente...”
P: “Vocês estão variando alguma coisa o quê?”
Al1: “A chama.”
P: “No caso de vocês não é a chama...o que vocês variaram não era a chama estão...qual que era o objetivo de vocês?”
Al: “A água que...”
P: “Isso.”
Al1: “O que era para variar era a água.”
Al1: “Temperatura da água mas o que variou foi a chama.”
P: “Por que vocês colocaram gelo na água?”
P: “Para variar o quê?”
P: “O material da água...”
Al: “A temperatura.”
P: “Isso.”
P: “O que que vocês querem avaliar?”
P: “Eu quero que vocês formalizem a pergunta.”
P: “Qual que é o efeito da...”
Al: “Da temperatura sobre a ebulação.”
P: “Isso da temperatura inicial do material sobre o que da ebulação?”
Al: “Quanto tempo demora.”
P: “Quanto tempo demora e o que mais?”
Al1: “A que temperatura.”
P: “Isso a que temperatura ocorre a ebulação.”

Este episódio evidencia que este grupo de alunos, embora com algumas dificuldades, parece compreender o que estavam analisando. Matthews (1994) adverte que a emissão, interpretação e teste das hipóteses são etapas difíceis para alguns alunos por não se tratar de um processo direto nem suficientemente simples. Desta forma, a intervenção da professora é de extrema importância para conduzir os alunos ao raciocínio adequado e estimulá-los a não desistirem do desafio.

É importante salientar que o Al 1 cita a chama como uma variável, pois durante a execução do experimento, o bico de Bunsen utilizado para o aquecimento da água em temperatura ambiente e para a água gelada não foi o mesmo, evidenciando a compreensão do aluno com relação à importância de condições constantes.

Nessas duas etapas, elaboração do planejamento e execução do experimento, os alunos interagem constantemente, expondo suas idéias e discutindo com seus pares. Para a resolução do problema proposto pela professora, os alunos precisaram selecionar as informações relevantes para a elaboração do plano de trabalho, analisar os dados e propor uma solução para o problema, características de habilidades cognitivas de alta ordem.

Para Pintrich e colaboradores (1993), entre os fatores capazes de proporcionar o desenvolvimento de habilidades cognitivas estão a seleção e ativação do conhecimento prévio, o desenvolvimento de capacidades de processamento, a elaboração e organização, a resolução de problemas e a utilização de habilidades cognitivas de controle e regulação.

Na terceira aula, a professora pede para os grupos comunicarem para a sala os resultados e as conclusões obtidos. Os alunos vão para o quadro e escrevem o objetivo e os resultados de cada grupo. A professora também distribui um questionário para os alunos responderem durante a aula.

Este questionário continha três questões que deveriam ser respondidas por todos os alunos para todas as hipóteses investigadas. As questões eram:

- (1) *O que foi mantido constante?*
- (2) *O que foi variado?*
- (3) *A alteração da temperatura ambiente causa quais modificações no processo de ebulação?* (neste caso para o grupo que investigou a variável temperatura inicial do material). Esta questão se alterava conforme a variável investigada; por exemplo, para a intensidade da chama a questão era: *a alteração da intensidade da chama causa quais modificações no processo de ebulação de um material?*

As questões (1) e (2) exigiam dos alunos comparar ou contrastar dados, e não avaliar ou fazer inferências para a sua resolução, sendo então, classificadas como P2. A questão (3), no entanto, foi classificada no nível P3 de cognição, pois exigia que os alunos analisassem os dados e elaborassem conclusões relacionando o efeito da variável investigada sobre a temperatura de ebulação. Devido à professora repetir as questões (1) e (2) todas as vezes que os grupos discutiam seus dados, o número de questões P2 foi elevado.

Conseqüentemente, as respostas orais dos alunos para as questões (1) e (2) foram diretas e não exigiam esforço cognitivo que os conduzissem a respostas de ordem alta cognitiva, sendo então classificadas como N2, pois o aluno não precisa identificar processos de controle ou variáveis, exigências do N3, para responder, por exemplo, que para investigar a temperatura de ebulação de dois materiais diferentes tiveram de manter constante as suas quantidades e a chama. Assim, 82% das questões propostas pela professora (N=23) foram classificadas como P2 e 75% das respostas dos alunos (N=36) são de baixa ordem cognitiva (N2; quadro 4).

As questões propostas pela professora nesta etapa da aula parecem não contribuir para desfazer a dificuldade apresentada pelos alunos em não compreenderem que o tempo não era o objeto do estudo, ou seja, as perguntas direcionam respostas relacionadas ao tempo que a ebulação demorou. Talvez, se a professora não considerasse o tempo neste experimento esta dificuldade poderia não surgir, porque não há a necessidade de se medir o tempo; a medida da temperatura é suficiente para responder à questão proposta aos alunos.

Entretanto, é importante destacar conforme mostram os instantes 31:25 à 32:00, que os alunos do grupo que investigou a intensidade da chama compreendem que a temperatura de ebulação não se altera com a fonte de calor, e nos minutos seguintes expressam o entendimento no controle de variáveis ao afirmarem que o material e a quantidade mantiveram-se constantes. Assim, para esse grupo, conforme pode ser verificado também no procedimento inicial, a variável tempo não dificultou a compreensão do conceito, ressaltando a relevância dessa atividade para a manifestação de habilidades cognitivas de alta ordem.

Verifica-se, nessa aula, que as questões classificadas como P3 são geralmente indagações da professora com relação à conclusão obtida pelos grupos, exigindo assim, que os alunos avaliem os dados. Desta forma, as respostas elaboradas pelos alunos apresentam habilidades cognitivas de ordem alta, como análise de variáveis e seleção de informações, sendo então classificadas como N4.

Em geral, a grande maioria das questões propostas pela professora foi classificada no nível P2 e P3 e as respostas dos alunos nos níveis N2 e N4. É interessante notar que poucas respostas foram classificadas no nível N3, talvez pelo fato de as aulas exigirem dos alunos maior esforço cognitivo em algumas etapas, como na elaboração de hipóteses e conclusões, e em outras etapas, porém, não necessitar de identificação de variáveis ou processos de controle

por se tratarem de questões diretas e com pouca oportunidade de manifestar respostas mais elaboradas.

Tempo	Descrição das falas	Análise
31:07	P: “E qual conclusão que vocês chegaram?”	P3
	Al 15: “Que não importa se é maçarico ou lamparina o que importa é que	
31:25	vai chegar numa certa temperatura que a água vai chegar no ponto de ebulação.”	N4
	P: “Gente o que eles tão chamando de maçarico é o bico de gás.”	
31:37	P: “Que que eles queriam...se a fonte de calor interferia na temperatura de ebulação..o Al 15 acabou de dizer..ou no bico de gás ou na lamparina a temperatura de ebulação se altera?”	P3
32:00	Al 15: “Não.”	N2
32:02	P: “Que altera?”	P2
32:04	Al 15: “Tempo.”	N2
32:06	P: “Que aconteceu com a lamparina?”	P2
32:12	Al 15: “Demorou mais.”	N2
	P: “Demorou mais...”	
32:16	P: “O que foi mantido constante?”	P2
	P: “O material..que mais?”	
32:28	Al 15: “A quantidade né professora?”	N2
32:32	P: “A quantidade isso...e o mesmo material e a mesma quantidade.”	P2
	P: “O que foi variado?”	
32:48	Al 15: “A fonte de calor.”	N2
32:52	Al: “O tempo.”	N1
	P: “Aí é que tá Al...o tempo foi medido mas o que você variou	
32:56	intencionalmente... ...o que você planejou no experimento para variar.”	
	(professora explica para a aluna)	
34:12	P: “A c...a alteração da intensidade da chama causa quais modificações no processo de ebulação de um material?”	P2
34:20	Al 15: “Tempo.”	N2
34:23	P: “Muito bem.”	

Quadro 4 - Episódio da terceira aula.

Ao analisar os relatórios individuais verifica-se que alguns alunos ainda permanecem com dificuldades em desenvolver suas previsões e conclusões onde o objeto de estudo seja a temperatura de ebulação. Muitos deles ainda enfatizam o tempo como fator determinante na investigação. Abaixo estão alguns dos objetivos propostos pelos alunos nos relatórios:

Aluno (1) do grupo Temperatura inicial: “O objetivo era analisar o efeito da temperatura da água sobre o tempo e a temperatura de ebulação”

Aluno (2) do grupo Temperatura inicial: “Observar se o tempo de “eferveção” afeta a temperatura de ebulação”

Aluno (1) do grupo Fonte de calor: “Observar se a fonte de calor afetava o tempo de ebulação e a temperatura”

Mesmo depois das discussões, dois alunos do grupo que investigou a influência da temperatura inicial descreveram como objetivo do experimento o tempo como a variável determinante. Os outros alunos deste grupo e do grupo que investigou diferentes fontes de calor também incluem o tempo em seu objetivo, como se este fosse o objeto a ser investigado. Talvez a discussão realizada em sala e o próprio experimento não tenham sido suficientes para esses alunos compreenderem que, o propósito da investigação era identificar a temperatura de ebulação; e o tempo poderia ser só uma consequência desta variável. Também, o próprio procedimento experimental no qual o aluno, além de coletar medidas de temperatura também coletava medidas e tempo, pode ter contribuído para o aluno não compreender com clareza o objetivo do experimento.

É interessante verificar que novamente, no procedimento descrito no relatório individual, apenas dois alunos colocam o tempo como a determinante e não a temperatura de ebulação. Mesmo depois de realizar o experimento e discutir com o grupo e a professora esta dificuldade permanece. Um aluno que investigou a variável fonte de calor utiliza os dados para elaborar o seu procedimento, ou seja, descreve que deverá esperar 15 minutos para a água entrar em ebulação com o maçarico (bico de bunsen) e 20 minutos com a lamparina:

Aluno (2) do grupo Temperatura inicial: “Colocamos 200 ml de água gelada em um dos bêqueres e 200 ml de água, em outro bêquer, levamos ao fogo os dois bêqueres com a água e cronometramos o tempo que as duas levam para ferver. Mediremos a temperatura tanto antes quanto depois da ebulação com o termômetro”.

Aluno (3) do grupo Fonte de calor: “Coloque 100 ml de água em um bêquer e coloque-o em cima do tripé que estará sobre um maçarico. Acenda o maçarico e espere por 15 minutos, enquanto isso vá medindo a temperatura da água, após 15 minutos você mede a temperatura. Coloque 100 ml de água em um bêquer e coloque-o em cima do tripé que estará sobre uma lamparina. Acenda a lamparina e espere por 20 minutos enquanto isso vá medindo a temperatura da água, após vinte minutos você mede a temperatura”.

Todavia, os alunos se atentaram em descrever as quantidades de materiais no procedimento, expressando seus entendimentos quanto ao controle das variáveis do problema.

Os alunos do grupo que investigavam a fonte de calor expressam nas conclusões a mesma concepção manifestada no procedimento:

Aluno do grupo fonte de calor: “O maçarico fez com que a água atingisse a ebulação (92 °C) em 15 minutos já a lamparina ficou acessa durante 20 minutos para que a água chegasse a ebulação”.

Percebe-se, implicitamente na conclusão do aluno, a compreensão com relação à utilização das fontes de calor, ou seja, utilizando o maçarico a água demorará mais para atingir a temperatura de ebulação do que com o bico de bunsen. Ainda, o aluno expressa o entendimento do conceito ao descrever a temperatura encontrada para a ebulação, tanto com o maçarico quanto com o bico de bunsen.

Uma outra resposta à dificuldade dos alunos em expor suas idéias nos relatórios pode estar relacionada com a demanda cognitiva exigida na escrita. Segundo Oliveira e Carvalho (2004), para a escrita ser efetiva, os estudantes precisam apresentar certo conhecimento básico, interagir com seus pares para compartilhar, clarificar e distribuir este conhecimento. Por mais que a atividade tenha propiciado a participação dos alunos na construção das idéias e na interação com os pares, verificou-se, ainda, a permanência de algumas concepções não

condizentes com as explicações científicas. Nesta etapa da atividade, os alunos apresentam uma dificuldade maior ao expor por escrito os seus pensamentos, mas ao mesmo tempo, estão tendo a oportunidade de praticar e desenvolver a habilidade da escrita, contribuindo para a melhor compreensão dos conceitos. Assim, conforme argumentam Rivard e Straw (2000), explicar ou escrever requer que o estudante refine seu pensamento, contribuindo para um maior entendimento dos conceitos estudados, organizando e consolidando suas idéias.

Uma consideração a ser feita se refere à intervenção da professora em alguns momentos da aula. Durante o levantamento de hipóteses e conclusões, a professora auxiliava os alunos na construção de suas explicações, pois muitas vezes os alunos não conseguiam explicitar suas idéias de maneira inteligível, necessitando do auxílio da professora para a elaboração de uma resposta mais completa. Entretanto, durante a elaboração dos relatórios, a presença da professora não era integral nos grupos, e os alunos precisavam utilizar suas próprias idéias e sintetizá-las de forma a permitir que outra pessoa as compreendesse e esta etapa exige, como já foi mencionado, elevada demanda cognitiva e também autonomia e independência por parte dos estudantes.

A influência da pressão sobre a temperatura foi a hipótese menos compreendida pelos alunos, devido à complexidade conceitual do procedimento experimental.⁵

A evidência da eficácia da atividade se manifestou na fala dos alunos durante uma entrevista realizada, quatro semanas após a realização da atividade, com dez estudantes. Os alunos expressavam a compreensão dos conceitos envolvidos no experimento, conforme mostra a fala de um dos alunos:

Al 13: “É... por exemplo você pode colocar qualquer quantidade de água que vai mudar... O ponto de ebulição vai ser o mesmo vai mudar só o tempo... mas o ponto de ebulição é o mesmo.”

Os alunos também argumentam a importância e preferência pela realização do procedimento experimental a da participação em todas as etapas da atividade. A Al 9 comenta a importância da mediação da professora durante a realização da investigação:

Al 9: “É eu gostei porque a gente tem uma certa liberdade e também não foi tão... Com eu posso falar...não foi tão disperso...a gente já tinha uma direção, mas mesmo assim a gente tava livre pra escolher o que que a gente ia fazer...a gente escolhia o caminho e a professora ia guiando a gente... e a gente acabou fazendo tudo certinho...e saiu do jeito que a gente esperava ainda.”

Al 16: “Foi um pouco trabalhoso, só que no final foi legal e você sabe o que você ta fazendo ali...foi o que você pensou .e sabe o que você vai fazer [...] É que é mais interessante, mais legal você mesmo investigar, você não saber o que que tem... fazer por conta própria.”

Uma aluna também cita a importância da elaboração de um relatório para a aprendizagem:

Al 11: “Até o relatório é legal para ver se entendeu mesmo se todo mundo comprehendeu... aí você vê porque não deu certo o que a gente pensava e tal.”

Por fim, nem todos os alunos comprehendem ou se engajam na atividade de maneira igualitária. Ao analisar as transcrições das falas dos alunos durante as aulas e nas entrevistas,

percebe-se, ao mesmo tempo, alguns alunos comprehendendo o que estão fazendo e por que estão fazendo, enquanto outros permanecem passivos, à espera de repostas, mas, a porcentagem de alunos que se engajaram na atividade, expuseram dúvidas, re-elaboraram suas hipóteses e conclusões após a coleta e análise dos dados, é muito significante.

5. Conclusão

Os experimentos realizados possuem as características de uma abordagem investigativa, uma vez que os alunos puderam participar ativamente da formulação de hipóteses sobre o problema proposto pelo professor, elaboração do planejamento, execução do experimento, coleta dos dados, análise dos dados obtidos, ou seja, desenvolveram os experimentos como atividade de investigação (Carvalho *et al.*, 1999).

A participação dos alunos em todas as etapas da investigação pode contribuir para uma maior autonomia e responsabilidade dos estudantes. Elaborar um procedimento e testar hipóteses exige espírito crítico e habilidades de reflexão.

Apesar das dificuldades enfrentadas pelos alunos na elaboração do planejamento e execução do experimento, eles demonstraram interesse pela investigação e manifestaram habilidades cognitivas de ordem alta como elaboração de hipóteses e análise de dados e variáveis para a sua confirmação ou refutação. As atividades experimentais investigativas também têm o potencial de aumentar as relações sociais, atitudes e o crescimento cognitivo. O ambiente mais informal do laboratório, se comparado com a sala de aula, contribui para interações mais construtivas entre os alunos e estes com o professor, criando um ambiente de aprendizagem mais positivo (Hofstein e Lunetta, 2004).

A liberdade dada pela professora ao permitir que os alunos participassem de todos os processos da investigação, desde a elaboração do procedimento até a comunicação dos resultados para os pares, contribuiu para a manifestação de habilidades cognitivas de ordem alta.

A professora pôde, através da proposição de hipóteses, evidenciar as idéias alternativas dos alunos sobre a temperatura de ebulição e os fatores que a modificavam. Embora algumas dificuldades ainda tenham persistido, como a relação entre o tempo e a temperatura e a influência da pressão na temperatura de ebulição, a análise das transcrições pós-laboratório e dos relatórios mostraram que os alunos compreenderam que a temperatura de ebulição não é afetada por alguns fatores como temperatura inicial do material, e nem pela intensidade da chama utilizada no aquecimento do material, aspectos que respondem à questão inicial proposta pela professora.

Segundo Hodson (1988), o papel das hipóteses é de fundamental importância nas atividades experimentais, pois pode exigir capacidade criativa e elaboração conceitual por parte dos alunos. A elaboração de hipóteses exerce um papel fundamental para a construção do conhecimento científico, pois está vinculada à elaboração de estratégias para a coleta e análise de dados e consequentemente à resolução de uma situação problema. É preciso haver previsões plausíveis de serem refutadas ou confirmadas para se analisar os dados. Assim, a elaboração de hipóteses exige grande demanda cognitiva e pode contribuir para o desenvolvimento conceitual do aluno.

Jenkins (2000), afirma que, na procura para entender um fenômeno, muitos estudantes não apresentam uma inteligível diferenciação entre o significado de uma hipótese científica e o que é proposto por eles como explicação. Neste momento, o papel da professora foi de fundamental importância, em nenhum momento ela refutou ou comprovou as hipóteses, sempre privilegiando o momento de criação e imaginação dos alunos. Quando se tratou de uma questão “errada”, a professora corrigiu e explicou os motivos. Este momento é muito

importante, pois a professora não pode dar a resposta para não desvalorizar o trabalho que será realizado por eles, mas também deve manter o controle e percepção para não desestimular os alunos para a investigação do problema, permitindo que os próprios alunos tomem suas decisões.

A presença de um grande número de respostas de baixa ordem cognitiva e algorítmica pode estar relacionada com o grau de exigência do pesquisador em relação às habilidades cognitivas exigidas, uma vez que o mesmo nível N3 considerado nesta pesquisa como baixa ordem cognitiva poderia ser considerado por outro pesquisador, em outra situação como alta ordem cognitiva. Devem-se considerar também os conhecimentos prévios dos estudantes e o tipo de ensino que eles estão sendo expostos em sala de aula (Stamovlasis *et al.*, 2005), ou seja, esta atividade era nova para os alunos e pode ter gerado certa desconfiança e medo em realizar algo não condizente com os objetivos do professor.

Verifica-se que os níveis cognitivos das respostas elaboradas pelos alunos estão relacionados com os níveis cognitivos das questões propostas pelo professor. Ou seja, quando o professor questiona os alunos para recordar algo (questões de nível P1), as respostas dos alunos são condizentes com o nível exigido, geralmente de nível N1 ou N2 de cognição. Porém, quando o professor exige capacidade de avaliação ou elaboração de respostas, os alunos apresentam raciocínios de alta ordem cognitiva, como controle de variáveis e suas relações causais. Segundo Yarden e colaboradores (2001), em uma pesquisa realizada para identificar o nível cognitivo das perguntas elaboradas por alunos, o nível cognitivo de certas questões feitas pelos estudantes foi determinado pelo tipo de questão requerido pelo professor. Essas afirmações fortalecem a importância da mediação do professor na construção do conhecimento pelos alunos.

Nenhuma questão foi classificada no nível N5 de habilidades cognitivas em nenhuma das aulas, talvez pelo fato de a professora não proporcionar momentos que exigissem tal nível, ou questões que permitissem a elaboração de respostas com habilidades de generalização.

Por fim, verifica-se neste trabalho que o instrumento de análise elaborado e utilizado pelas pesquisadoras é eficaz para a interpretação dos resultados, podendo contribuir para uma reflexão quanto ao estilo de experimentação executada em sala de aula, fortalecendo a argumentação a favor de atividades experimentais desenvolvidas em um ambiente construtivista e investigativo direcionados para o desenvolvimento de habilidades cognitivas de ordem alta nos alunos de ensino médio. Também, os resultados obtidos podem contribuir para a realização de ações de formação continuada junto a professores de Química visando a análise, elaboração e aplicação de atividades que contribuam para uma melhor formação dos alunos.

Assim, se estas atividades forem utilizadas de maneira a aproveitar seus aspectos favoráveis, respeitando os limites conceituais dos alunos, mas, permitindo que estes estejam ativos no processo de resolução do problema, podem contribuir para a construção de conhecimentos químicos e o desenvolvimento de habilidades cognitivas necessários para a formação de indivíduos críticos e com atitude, exigidas por nossa sociedade em constante transformação.

Agradecimentos

As autoras agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro e por incentivarem a pesquisa em Ensino de Química.

6. Referências bibliográficas

- Barberá, O. e Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 365-379.
- Bardin, L. (2000). *Análise de Conteúdo* (Reto, L.A.; Pinheiro, A., Trad.). Lisboa: Edições 70. (Original Publicado em 1977).
- Bennet, S.W. e O'Neal, K. (1998). Skills Development and Practical Work in Chemistry. *Univ. Chemistry Ed.*, 2 (2), 58-62.
- Bogdan, R.C. e Biklen, S. K. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos* (Alvarez, M.J. Trad.). Portugal, Porto Editora. (Original Publicado em 1982).
- Carvalho, A.M.P.; Garrido, E.; Laburú, C.E.; Moura, M.O.; Santos, M.; Silva, D.; Aviv, M. L.; Castro, R.; Itacarambi, R.R. e Gonçalves, M.E. (1993). A História da Ciência, a Psicogênese e a Resolução de Problemas na Construção do Conhecimento em Sala de Aula. *Rer. Fac. Ed. (USP)*, 19, (2), 245-256.
- Carvalho, A.M.P.; Santos, E.I.; Azevedo M.C.P.S.; Date, M.P.S.; Fujii, S.R.S. e Nascimento, V.B.(1999). *Termodinâmica: Um ensino por investigação*. São Paulo: Universidade de São Paulo - Faculdade de Educação.
- Domin, D.S. (1999). A Review of Laboratory Instruction Styles. *J. Chemical Ed.*, 76 (4), 543-547.
- Gabel, D.L.; Sherwood, R.D. e Enochs, L. (1984). Problem-solving skills of high school chemistry student. *J. Res. Sci. Teach.*, 21, 221–233.
- Gil-Pérez, D.; Valdés Castro, P. (1996). La orientacion de las prácticas de laboratório con investigación: Um exemplo ilustrativo. *Enseñanza de Las Ciências*, 14 (2), 155-163.
- Gil-Pérez D.; Cachapuz, A.; Carvalho, A.M.P.; Praia, J. e Vilches, A. (2005). *A Necessária Renovação do Ensino das Ciências*. São Paulo: Cortez Editora.
- Gonzales, E.M. (1992). Que Hay de Renovar en Los Trabajos Prácticos? *Ensenanza de Las Ciências*, 10 (2), 206-211.
- Hodson, D. (1988). Experimentos em Ciências e Ensino de Ciências. *Educational Philosophy Theory*, 20, 53-66.
- Hodson, D. (1994). Hacia um Enfoque más critico del Trabajo de laboratório. *Enseñanza de Las Ciências*, 12(3), 299-313.
- Hodson, D. (2005). Teaching and Learning Chemistry in the Laboratory: A Critical Look at the Research. *Educación Química*, 16 (1), 30-38.
- Hofstein, A. e Lunetta, V. (2004). The laboratory in science education: foundations for twenty-first century. *Sci. Ed.*, 88, 28- 54.
- Hofstein, A.; Navos, O.; Kipnis, M. e Manlok-Naaman, R. (2005). Developing Students' Ability to Ask More and Better Questions Resulting from Inquiry-Type Chemistry Laboratories. *J. Res. Sci. Teach.*, 42 (7), 791-806.
- Jenkins, E.W. (2000).Constructivism in school science education: powerful model or the most danerous intellectual tendency? *Sci. Ed.*, 9, 599-610.
- Jiménez Valverde, G.; Llobera Jiménez, R. e Llitjós Viza, A. (2006). La atención a la diversidad en las prácticas de laboratório de química: los niveles de abertura. *Enseñanza de las ciencias*, 24 (1), 59-70.
- Lima, V.A. (2004). *Atividades Experimentais no Ensino Médio – Reflexão de um Grupo de Professores a partir do Tema Eletroquímica*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, SP.
- Matthews, M.R. (1994). *Science teaching. The role of history and philosophy of science*. Philosophy of Education. New York: Routledge.

- Moraes, R. (2005). Mergulhos discursivos: análise textual qualitativa entendida como processo integrado de aprender, comunicar e interferir em discursos. Em: Galiazzzi, M.C. e Freitas, J.V. (Ed.) *Metodologias emergentes de pesquisa em educação ambiental* (pp. 86-114). Ijuí: Editora Unijuí.
- Oliveira, A.M.A. e Carvalho, A.M.P. (2004). *Escrevendo nas aulas de Ciências*. IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física. Retirado em 11/08/2008, no World Wide web: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/ix/atas/comunicacoes/co102-2.pdf>.
- Pintrich, G.L.; Marx, R.W. e Boyle, R.A. (1993). Beyond Cold Conceptual Change. The role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Rev. Educational Res.*, 63 (2), 167-199.
- Rivard, L.P. e Straw, S.B. (2000). The effect of talk and writing on learning science, an exploratory study. *Sci. Ed.*, 84 (5), 566-593.
- Shepardson, D.P. e Pizzini, E.L. (1991). Questioning levels of Junior high school science textbook and their implications for learning textual information. *Sci. Ed.*, 75 (6), 673-688.
- Shiland, T.W. (1999). Construtivismo: Implicações para o Trabalho de Laboratório. *J. Chemical Ed.*, 76 (1), 107-109.
- Stamovlasis, D.; Tsaparlis, G.; Kamilatos, C.; Papaikonomou, D. e Zarotiadou, E. (2005). Conceptual understanding versus algorithmic problem solving: Further evidence from a national chemistry examination. *Chemistry Ed. Res. Practice*, 6 (2), 104-118.
- Watson, R.; Prieto, T. e Dillon, J.S. (1995). The Effect of Practical Work on Students Understanding of Combustion. *J. Res. Sci. Teach.*, 32 (5), 487-502.
- Yarden, A.; Brill, G. e Falk, H. (2001). Primary literature as a basis for a high-school biology curriculum. *J. Biological Ed.*, 35, 190–195.
- Zoller, U. (1993). Are lecture and learning: are they compatible? Maybe for LOCS; unlikely for HOCS. *J. Chemical Ed.*, 70 (3), 195-197.
- Zoller, U. (2001). Alternative assessment as (critical) means of facilitating HOCS-Promoting teaching and learning in Chemistry Education. *Chemistry Ed. Res. Practice Europe*, 2 (1), 9-17.
- Zoller U.; Dori, Y. e Lubezky, A. (2002). Algorithmic and LOCS and. HOCS (Chemistry) Exam Questions: Performance and Attitudes of College Students. *Intrnl. J. Sci. Ed.*, 24 (2), 185-203.
- Zuliani, S.R.Q.A (2000). *A utilização da Metodologia Investigativa na Aprendizagem de Química Experimental*. Tese de mestrado em Educação para as Ciências. UNESP, Bauru, SP.

Notas

- (1) Bybee, R. (2000). Teaching science as inquiry. Em: Minstrel, J. e van Zee, E.H. (Ed), Inquiring into inquiry learning and teaching (pp. 20-46). Washington, D.C: American Association for the Advanced of Science.
- (2) É importante esclarecer que, durante as aulas, a professora utiliza algumas vezes o termo “ponto de ebulação”, entretanto, no texto desse artigo utilizou-se o termo “temperatura de ebulação” por ser considerado o mais aconselhável. Entretanto, as falas da professora foram transcritas obedecendo as normas de transcrição, não alterando, assim, o conteúdo das falas da professora e dos alunos.
- (3) Caixas: procedimento de categorização proposto por Bardin (1977/2000), no qual é fornecido o sistema de categorias e repartem-se da melhor maneira possível os elementos, à medida que vão sendo encontrados, aplicáveis no caso da organização do material decorrer diretamente dos funcionamentos teóricos hipotéticos.

- (4) Al 1, Al 2, Al 3, Al 14 é a legenda utilizada para não informar os verdadeiros nomes dos alunos. Cada número refere-se um aluno; Al se refere ao aluno ou alunos que não foram identificados. P refere-se à professora
- (5) O grupo que investigou a influência da pressão sobre a temperatura de ebulição havia sugerido como procedimento experimental medir a temperatura de ebulição da água em panela de pressão. Entretanto, devido à impossibilidade de medir a temperatura da água, a professora sugeriu um outro procedimento, que consistiu em aquecer água em um balão de vidro com saída lateral, a qual foi fechada quando a água atingiu a temperatura de ebulição. Depois, o balão foi invertido e no seu fundo foi colocado um pano umedecido com água gelada.

 - **R.C. Stuart** é Graduada em Química (UEL), Mestre (Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências (USP). *E-mail* para correspondência: rsuart@iq.usp.br. **M.E.R. Marcondes** é Graduada em Química (USP) e Doutora em Química Orgânica (USP). Atualmente é Professora (USP).